

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-84136

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月26日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 6/00

3 3 1

G 0 2 B 6/00

3 3 1

6/02

6/02

Z

6/44

3 0 1

6/44

3 0 1 A

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-196245

(22) 出願日 平成10年(1998) 7月10日

(31) 優先権主張番号 特願平9-188149

(32) 優先日 平9(1997) 7月14日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72) 発明者 戴ノ内 伸晃

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72) 発明者 横山 勝

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72) 発明者 清 三喜男

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(74) 代理人 弁理士 西川 恵清 (外1名)

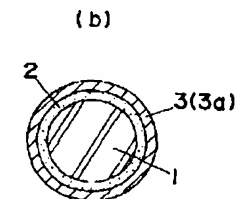
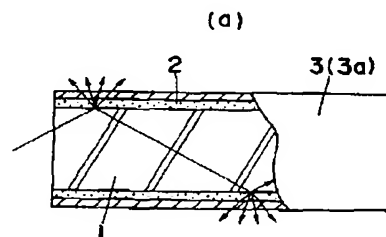
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 側面発光光ファイバ

(57) 【要約】

【課題】 集光量が多く、側面からの大きな発光量を得ることができる側面発光光ファイバを提供する。

【解決手段】 光を伝送するコア材1と、コア材1の外周に設けられたシリカエアロゲルからなるクラッド材2と、クラッド材2の外周を覆う透明な被覆材3とから光ファイバを形成する。そしてコア材1とクラッド材2の接触界面の少なくとも一部に凹凸を設けて側面発光光ファイバを形成する。クラッド材を構成するシリカエアロゲルは屈折率が1.0008~1.18と低く、コア材とクラッド材の比屈折率が大きくて受光角が大きい光ファイバを形成することができる。またコア材中を伝送される光をコア材とクラッド材の接触界面の凹凸で散乱させて側面発光させることができる。



1...コア材  
2...クラッド材  
3...被覆材

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光を伝送するコア材と、コア材の外周に設けられたシリカエアロゲルからなるクラッド材と、クラッド材の外周を覆う透明な被覆材とからなり、コア材とクラッド材の接触界面の少なくとも一部に凹凸が形成されて成ることを特徴とする側面発光光ファイバ。

【請求項2】 被覆材として熱収縮チューブを用い、熱収縮チューブの熱収縮によってコア材の外周にクラッド材が一体化されていることを特徴とする請求項1に記載の側面発光光ファイバ。

【請求項3】 被覆材としてシリカエアロゲルが片面に固着されたテープを用い、シリカエアロゲルの固着面でコア材の外周にテープを巻き付けることによって、コア材の外周にクラッド材が一体化されていることを特徴とする請求項1に記載の側面発光光ファイバ。

【請求項4】 コア材とクラッド材の間、クラッド材と被覆材の間、被覆材の外周のいずれかに、コア材の外周の一部を覆うように光反射性を有する光反射層を設けて成ることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の側面発光光ファイバ。

【請求項5】 コア材とクラッド材の接触界面の少なくとも一部に形成される凹凸が、光の入射端部から遠ざかるにつれて大きさと数の少なくとも一方が増大しているものであることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の側面発光光ファイバ。

【請求項6】 コア材とクラッド材の接触界面の少なくとも一部に形成される凹凸が、外周方向の少なくとも一部において、軸方向に連続するように設けられているものであることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の側面発光光ファイバ。

【請求項7】 コア材とクラッド材の接触界面の少なくとも一部に形成される凹凸が、軸方向の複数箇所に設けられているものであることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の側面発光光ファイバ。

【請求項8】 シリカエアロゲルが、ケイ酸エステル含有溶液のゲル状化合物を疎水化処理及び超臨界乾燥して得られたものであることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の側面発光光ファイバ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、コア材とクラッド材から形成される光ファイバを応用した側面発光光ファイバに関するものであり、詳しくは、太陽光の伝送、自動車部品等の照明、洗面化粧台、キッチン、浴室など水回りでの照明、廊下、階段での手摺り照明など、バリアフリー空間向けの照明、また美術館や博物館向けの熱線や紫外線カット照明におけるライトガイドなどに適用することができる側面発光光ファイバに関するものである。

【0002】

2

【従来の技術】従来、光ファイバのコア材としては、石英系ガラスや多成分系ガラス等のガラス類、メチルメタクリレート等のアクリル系やスチロール系のプラスチック類、あるいはテトラクロロールエチレン等の透明な液体類が用いられている。また、クラッド材としては、コア材よりも屈折率の低いソーダライム系やホウケイ酸ガラス系等のガラス類やテトラフルオロエチレン／フッ化ビニリデン共重合体等のフッ素樹脂が用いられている。

【0003】そしてこのような光ファイバにおいて、側面から発光させて照明等に利用する試みが一部においてなされている。例えばコア材とクラッド材の界面に凹凸を付けることによって、コア材中を伝送される光をこの凹凸で散乱させ、散乱させたこの光を光ファイバの側面から発光させるようにすることができる。

【0004】しかし、従来の光ファイバーでは集光量に限度があり、従って側面からの発光量が不十分であり、照明の主流を占めるに至るには程遠いのが現状である。

【0005】すなわち、光ファイバにおいて、クラッド材の屈折率はコア材の屈折率よりも低くなるように構成されているが、それらの屈折率の差の大小により光ファイバの受光角及びコア材とクラッド材との境界面における光の全反射角が異なってくる。一般的にコア材とクラッド材の屈折率の差を表す指標として、次式で表される比屈折率差が用いられている。

【0006】比屈折率差 $= (n_1 - n_2) / n_1$ 

(式中、 $n_1$ はコア材の屈折率、 $n_2$ はクラッド材の屈折率を示す。)

また、光ファイバの開口数及び受光角 $\theta$  (図10参照)は次式で表される。

【0007】開口数 $= n \cdot \sin \theta = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$

(式中、 $n$ は光ファイバの外界の屈折率であり、通常は空気中で $n = 1.0$ である。)

これらの式にみられるように、光ファイバの受光角 $\theta$ はコア材とクラッド材の屈折率の差が大きい程大きくなり、すなわち比屈折率差が大きいほど大きくなる。つまり多くの光を集光して伝送するには、比屈折率差を大きくして光ファイバの受光角 $\theta$ を大きくする必要がある。このことは、コア材の屈折率を高くし、クラッド材の屈折率を低くすることで達成され得るものである。

【0008】ここで、ガラス光ファイバにおいて、純粋な石英ガラスは光損失が小さく、耐熱性、耐薬品性に優れていることからコア材として多用されている。しかしながら、石英ガラスの屈折率は1.46と低く、これよりも屈折率が低いクラッド材の選定が問題となる。そこでクラッド材にガラスを用いる場合には、純粋な石英ガラスよりも屈折率を低下させるために、 $B_2O_3$ やフッ素等の屈折率低下成分を添加する方法等がとられている。また、石英ガラスに屈折率上昇用ドーパントを添加することにより、光損失を低く維持した状態で屈折率を上昇

させる方法もある。このようなドーパントとしては、 $TiO_2$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $SnO_2$ 、 $Nb_2O_5$ 、 $ZrO_2$ 、 $Yb_2O_3$ 、 $La_2O_3$ 、 $Al_2O_3$ 等が挙げられる。この場合には、クラッド材として純粋な石英ガラス、あるいはより低屈折率なドーパント石英ガラスを用いることができる。また、クラッド材としてプラスチックを用いる場合には、ポリシロキサンやシリコンゴム等のケイ素樹脂や、フッ化エチレンプロピレン、フッ化ビニリデン等のフッ素含有樹脂等が使用されるが、これらの屈折率は低いもので1.29～1.33程度である。

【0009】前述したように、コア材とクラッド材の比屈折率差により光ファイバの受光角 $\theta$ は変化する。例えば、ライトガイドにおいて、コア材にフリント系のF2ガラス（屈折率1.62）、クラッド材にソーダライム系ガラス（屈折率1.52）を用いた場合、開口数は0.56、受光角 $\theta$ は34°となる。また、プラスチック光ファイバにおいても、コア材にメタクリル樹脂（屈折率1.49）、クラッド材にフッ素樹脂（屈折率1.39）を用いた場合には、開口数は0.54、受光角 $\theta$ は32°となる。このように、従来のコア材及びクラッド材を用いて光ファイバを製造した場合には、受光角 $\theta$ は30～50°程度であり、多くの光を集光して伝送することのできる光ファイバを製造することは困難である。

【0010】このように従来の光ファイバでは集光量が少なく、従って光ファイバの側面から発光させる発光量も不十分になるものであった。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、集光量が多く、側面からの大きな発光量を得ることができる側面発光光ファイバを提供することを目的とするものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明に係る側面発光光ファイバは、光を伝送するコア材と、コア材の外周に設けられたシリカエアロゲルからなるクラッド材と、クラッド材の外周を覆う透明な被覆材とからなり、コア材とクラッド材の接触界面の少なくとも一部に凹凸が形成されて成ることを特徴とするものである。

【0013】また請求項2の発明は、被覆材として熱収縮チューブを用い、熱収縮チューブの熱収縮によってコア材の外周にクラッド材が一体化されていることを特徴とするものである。

【0014】また請求項3の発明は、被覆材としてシリカエアロゲルが片面に固着されたテープを用い、シリカエアロゲルの固着面でコア材の外周にテープを巻き付けることによって、コア材の外周にクラッド材が一体化されていることを特徴とするものである。

【0015】また請求項4の発明は、コア材とクラッド材の間、クラッド材と被覆材の間、被覆材の外周のい

れかに、コア材の外周の一部を覆うように光反射性を有する光反射層を設けて成ることを特徴とするものである。

【0016】また請求項5の発明は、コア材とクラッド材の接触界面の少なくとも一部に形成される凹凸が、光の入射端部から遠ざかるにつれて大きさと数の少なくとも一方が増大しているものであることを特徴とするものである。

【0017】また請求項6の発明は、コア材とクラッド材の接触界面の少なくとも一部に形成される凹凸が、外周方向の少なくとも一部において、軸方向に連続するように設けられているものであることを特徴とするものである。

【0018】また請求項7の発明は、コア材とクラッド材の接触界面の少なくとも一部に形成される凹凸が、軸方向の複数箇所に設けられているものであることを特徴とするものである。

【0019】また請求項8の発明は、シリカエアロゲルが、ケイ酸エステル含有溶液のゲル状化合物を疎水化処理及び超臨界乾燥して得られたものであることを特徴とするものである。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を説明する。

【0021】本発明に係る光ファイバは、コア材とコア材の外周面を覆う、コア材より光の屈折率が低いクラッド材から形成されるものであり、コア材としては、例えばポリメチルメタクリレート（PMMA）等のアクリル系若しくはスチロール系等のプラスチック類、あるいはテトラフルエチレン等の透明な液体類を用いることができる。

【0022】一方、本発明においてクラッド材はシリカの多孔質骨格からなるシリカエアロゲルによって形成されるものである。シリカエアロゲルは原料配合によって屈折率を変化させることができるが、1.0008～1.18の低い屈折率を有する。このように屈折率が非常に小さいので、種々のコア材に対して比屈折率を飛躍的に大きくすることができるものであり、シリカエアロゲルのクラッド材の屈折率が1.1で受光角 $\theta$ は最大90°にすることができる。従って広い受光角で集光することが可能になり、入射端からの集光率が高く集光量の多い光ファイバを形成することができるものである。また出射端における出射角も大きくすることができる。

【0023】ここで、シリカエアロゲルは、アルコキシシランやケイ酸ナトリウムなどケイ酸エステル含有溶液のゲル状化合物を疎水化処理及び超臨界乾燥して得ることができる。すなわち、米国特許第4402827号公報、同第4432956号公報、同第4610863号公報等で提供されているように、アルコキシシラン（シリコンアルコキシド、アルキルシリケートとも称され

る)の加水分解、重合反応によって得られたシリカ骨格からなる湿潤状態のゲル状化合物を、アルコールあるいは二酸化炭素等の溶媒(分散媒)の存在下で、この溶媒の超臨界点以上の超臨界状態で乾燥することによって製造することができる。また、米国特許第5137297号公報、同第5124364号公報で提供されているように、ケイ酸ナトリウムを原料として同様に製造することができる。そして、特開平5-279011号公報、特開平7-138375号公報に開示されているように、上記のゲル状化合物を疎水性処理することによって、シリカエアロゲルに疎水性を付与することができる。疎水性処理は、ゲル状化合物を超臨界乾燥する前に、あるいはゲル状化合物を超臨界乾燥する時に、行なうことができる。このように、疎水性を付与した疎水性シリカエアロゲルは、湿気や水等が侵入し難くなり、屈折率や光透過性等の性能が劣化し難くなるものである。

【0024】図1は本発明の請求項2に係る側面発光光ファイバの実施形態の一例を示すものであり、コア材1の外周にシリカエアロゲルからなるクラッド材2を設けると共にクラッド材2の外周を透明な被覆材3で覆うことによって、コア材1の外周にクラッド材2を保持するようにしてある。そして図1の実施の形態では、この被覆材3として透明な熱収縮チューブ3aを用いるようにしてある。熱収縮チューブ3aとしては、加熱することによって寸法収縮するものであれば特に制限されることなく使用することができるものであり、例えばフッ素樹脂系、シリコーン樹脂系、エチレンプロピレングム系等のポリオレフィン系などを用いることができる。

【0025】被覆材3として熱収縮チューブ3aを用いて側面発光光ファイバを製造するにあたっては、コア材1の外周部に熱収縮チューブ3aを配置し、コア材1と熱収縮チューブ3aの間の隙間に粉末状あるいは粒状のシリカエアロゲルを挿入して充填した後に、熱収縮チューブ3aを加熱して熱収縮チューブ3aを収縮させることによって、シリカエアロゲルからなるクラッド材2をコア材1の外周に固定して保持するようにして行なうことができるものである。ここで、熱収縮チューブ3aを熱収縮させることによって、コア材1の表面にはクラッド材2を構成するシリカエアロゲルの粉粒体が押しつけられ、コア材1の表面がシリカエアロゲルの粉粒体によって変形されて微細な凹凸となり、コア材1とクラッド材2の接触界面に凹凸が生じる。

【0026】そしてこのようにコア材1とクラッド材2の接触界面に凹凸が形成された側面発光光ファイバにあって、コア材1中を伝送される光がコア材1とクラッド材2の接触界面に入射されると、この界面の凹凸によって図1(a)のように光が散乱され、散乱された光の一部がクラッド材2及び被覆材3を通して光ファイバの外周から射出されることによって、光ファイバの側面を発光させることができるものである。クラッド材2として

シリカエアロゲルを用いて形成した光ファイバは受光角 $\theta$ が大きく集光量が大いので、側面からの発光量も大きい側面発光光ファイバを得ることができるものである。

【0027】図2は本発明の請求項3に係る側面発光光ファイバの実施形態の一例を示すものであり、被覆材3として片面に接着剤を塗布したテープ3bを用いるようにしてある。テープ3bは透明であれば、幅や厚み等の形状は特に限定されないが、例えばポリエチレン、架橋ポリエチレン、ポリ塩化ビニル、ポリオレフィンエラストマーなどのテープを用いることができる。また疎水性のシリカエアロゲルはアルコールやアセトンなど有機溶剤に接すると収縮して白濁するおそれがあるので、このような耐溶剤性を考慮すると、テープ3bの接着剤は無溶剤性の感圧接着剤(粘着剤とも言われる)やホットメルト接着剤であることが好ましい。

【0028】被覆材3としてテープ3bを用いて側面発光光ファイバを製造するにあたっては、図2(b)に示すようにテープ3bの接着剤を塗布した面に粉粒状のシリカエアロゲル2aを散布等して貼着させ、コア材2の外周にシリカエアロゲル2aが接するようにテープ3bを巻き付けることによって、図2(a)のようにシリカエアロゲル2aのクラッド材2をコア材1の外周に固定して保持するようにして行なうことができるものである。ここで、コア材1の外周にテープ3bを巻き付けることによって、コア材1の表面にはクラッド材2を構成するシリカエアロゲルの粉粒体が押しつけられ、コア材1の表面がシリカエアロゲルの粉粒体によって変形されて微細な凹凸となり、コア材1とクラッド材2の接触界面に凹凸が生じる。

【0029】そしてこのようにコア材1とクラッド材2の接触界面に凹凸が形成された側面発光光ファイバにあって、コア材1中を伝送される光がコア材1とクラッド材2の接触界面に入射されると、この界面の凹凸によって図2(a)に示すように光が散乱され、散乱された光の一部がクラッド材2及び被覆材3を通して光ファイバの外周から射出されることによって、光ファイバの側面を発光させることができるものである。クラッド材2としてシリカエアロゲルを用いて形成した光ファイバは受光角 $\theta$ が大きく集光量が大いので、側面からの発光量も大きい側面発光光ファイバを得ることができるものである。

【0030】尚、コア材1とクラッド材2の接触界面の凹凸を、上記のようにコア材1の表面にシリカエアロゲルの粉粒体を押しつけることによって形成するためには、コア材1としてクラッド材2を構成するシリカエアロゲルよりも硬度の低いものを用いるのが好ましい。また、コア材1とクラッド材2の接触界面の凹凸を光ファイバの全長に設けるようにすると、光ファイバの全長に亘って側面から発光させることができるが、光ファイバ

の一部にのみこの凹凸を設けるようにすると、このコア材1とクラッド材2の接触界面の凹凸を設けた部分でのみ光ファイバの側面から発光させることができるものである。

【0031】上記の図1や図2の実施の形態の側面発光光ファイバは、側面の全周から発光されるようになっていて、光反射層4をコア材1の外周の一部を覆うように設けることによって、光反射層4で覆われていない部分の側面からのみ発光させるようにして、照射の指向特性を付与することができる（請求項4）。図3はコア材1とクラッド材2の間に光反射性を有するフィルムを挿入することによって、コア材1とクラッド材2の間に光反射層4を設けるようにしたもの、図4はクラッド材2と被覆材3の間に光反射性を有するフィルムを挿入することによって、クラッド材2と被覆材3の間に光反射層4を設けるようにしたもの、図5は被覆材3の外周に光反射性を有するフィルムを貼ることによって、被覆材3の外周に光反射層4を設けるようにしたものである。光反射性を有するフィルムは、形状、材質などは特に制限されるものではないが、高反射率の表面を有し、一方向に光を誘導するものであることが望ましい。被覆材3としては図1の実施形態の熱収縮チューブや図2の実施形態のテープを用いることができるものであり、図1の実施形態や図2の実施形態の場合と同様に、コア材1の表面がシリカエアロゲルの粉粒体によって変形されて微細な凹凸となり、コア材1とクラッド材2の接触界面に凹凸が形成されている。

【0032】上記のように光反射層4を設けて形成される側面発光光ファイバにあって、コア材1中を伝送される光が、光反射層4を設けていない箇所においてコア材1とクラッド材2の接触界面に入射されると、コア材1とクラッド材2の界面の凹凸によって光が散乱され、散乱された光の一部がクラッド材2及び被覆材3を通して光ファイバの光反射層4を設けていない箇所の外周から射出されることによって、光ファイバの側面を発光させることができるものである。そして図3のものでは、コア材1中を伝送される光が光反射層4に入射されると、図3(a)に示すように光反射層4で光が反射され、この光反射層4で反射された光は光反射層4を設けていない箇所の外周から射出される。また図4のものでは、コア材1中を伝送される光が光反射層4を設けた箇所においてコア材1とクラッド材2の接触界面に入射されると、コア材1とクラッド材2の界面の凹凸によって光が散乱されるが、この散乱された光の一部がクラッド材2を通過すると共に光反射層4で反射され、この光反射層4で反射された光は光反射層4を設けていない箇所の外周から射出される。さらに図5のものでは、コア材1中を伝送される光が光反射層4を設けた箇所においてコア材1とクラッド材2の接触界面に入射されると、コア材1とクラッド材2の界面の凹凸によって光が散乱される

が、この散乱された光の一部がクラッド材2及び被覆材3を通過すると共に光反射層4で反射され、この光反射層4で反射された光は光反射層4を設けていない箇所の外周から射出される。

【0033】このように、光反射層4を設けた箇所からは側面発光光ファイバの側面に発光されず、光反射層4を設けていない箇所の側面からのみ発光されるので、所定の方向に高い照度で側面発光させることが可能になるものである。

【0034】図6は本発明の請求項5に係る側面発光光ファイバの実施形態の一例を示すものであり、直径が軸方向の全長に亘って一定のコア材1の外周にシリカエアロゲルからなるクラッド材2を設けるにあたって、コア材1の光が入射する側の端部1aから遠ざかるにつれて厚みが順次厚くなるようクラッド材2を形成するようにしてある。そして被覆材3としては図1の実施形態と同様な熱収縮チューブ3aを用いるものであり、クラッド材2の外周を熱収縮チューブ3aで覆って、熱収縮チューブ3aを加熱収縮させることによって、コア材1の表面がシリカエアロゲルの粉粒体によって変形されて微細な凹凸となり、コア材1とクラッド材2の接触界面に凹凸を形成することができるものである。このとき、シリカエアロゲルからなるクラッド材2はコア材1の入射端部1aから遠ざかるにつれて順次厚くなるように形成してあるので、厚みの厚い部分程、熱収縮チューブ3aの収縮の際の押圧力を強く受けるので、コア材1の表面がシリカエアロゲルの粉粒体によって変形されることによってコア材1とクラッド材2の接触界面に形成される凹凸は、入射端部1aから遠ざかるにつれて大きさ（深さも含め）が大きくなるものである。

【0035】このような光の入射端部から遠ざかるにつれてコア材1とクラッド材2の接触界面の凹凸が大きくなる側面発光光ファイバを製造するにあたっては、まず、一端の径が小さく、他端の径が大きくなるようにテープの付いた心材5を用い、この心材5の外周に熱収縮チューブ3aを図7(a)のように被せ、熱収縮チューブ3aを加熱収縮させて心材5の外周に密着させることによって、図7(b)のように熱収縮チューブ3aを長手方向に内径が徐々に大きくなるようにする。次にこの熱収縮チューブ3aを直径が軸方向の全長に亘って一定のコア材1の外周に図7(c)のように配置し、コア材1と熱収縮チューブ3aの隙間に粉末状あるいは粒状のシリカエアロゲルを充填した後に、熱収縮チューブ3aを加熱して収縮させることによって、シリカエアロゲルからなるクラッド材2をコア材1の外周に固定して保持させることができるものであり、コア材1の光が入射する側の端部1aから遠ざかるにつれて厚みが順次厚くなるようクラッド材2を形成することができるものである。そしてこのとき、クラッド材2の厚みの増加に伴って、熱収縮チューブ3aの収縮による圧力を大きく受け

てシリカエアロゲルがコア材1の表面に大きな圧力で押し付けられることになり、コア材1とクラッド材2の接触界面に形成される凹凸は入射端部1aから遠ざかるにつれて徐々に大きくなるものである。

【0036】上記のように光の入射端部から遠ざかるにつれてコア材1とクラッド材2の接触界面の凹凸が大きくなるように形成された側面発光光ファイバにあって、コア材1中を伝送される光がコア材1とクラッド材2の接触界面に入射されると、この界面の凹凸によって図6のように光が散乱され、散乱された光の一部がクラッド材2及び被覆材3を通して光ファイバの外周から射出されることによって、光ファイバの側面を発光させることができる。このとき、コア材1中を伝送される光量は入射端部1aから遠ざかるにつれて減少するが、コア材1とクラッド材2の接触界面の凹凸は入射端部1aから遠ざかるにつれて大きくなるようにしてあるので、入射端部1aから近い個所の凹凸では光の散乱は小さく、入射端部1aから遠い個所の凹凸では光の散乱は大きくなり、入射端部1aから遠い個所においても光ファイバの外周から射出される光の量は減少しない。この結果、光ファイバの軸方向(長手方向)に亘って、均一に側面から発光させることができるものである。尚、図6の実施の形態では、コア材1とクラッド材2の接触界面の凹凸を入射端部1aから遠ざかるにつれて大きくなるようにしたが、この凹凸を入射端部1aから遠ざかるにつれて数が多くなるようにしてもよい。

【0037】図8は本発明の請求項6に係る側面発光光ファイバの実施形態の一例を示すものであり、所定の幅寸法の圧着部材6をシリカエアロゲルからなるクラッド材2の外側を覆うように配置した状態で、熱収縮チューブ3aで形成される被覆材3を加熱収縮させることによって、シリカエアロゲルからなるクラッド材2をコア材1の外周に固定して保持させるようにしてある。そしてこのように熱収縮チューブ3aで形成される被覆材3を収縮させると、シリカエアロゲルからなるクラッド材2のうち圧着部材6を被覆した個所は圧着部材6の厚みによって大きな圧力でコア材1の表面に押し付けられ、この個所においてコア材1とクラッド材2の接触界面に凹凸が形成されるが、その他の個所では圧力が大きく作用しないので、コア材1とクラッド材2の接触界面に凹凸が形成されないか、形成されても光をあまり散乱させない程度の小さな凹凸になる。

【0038】図8の実施の形態では、圧着部材6を透明な材料で形成し、さらに圧着部材6の幅をクラッド材2の周長よりも小さい寸法で形成すると共にコア材1の長手方向の寸法と同じ長さに形成することによって、コア材1とクラッド材2の接触界面の凹凸は周方向の一部において長手方向の全長に連続して形成されるようにしてある。このように圧着部材6を設けて形成される側面発光光ファイバにあって、コア材1中を伝送される光がコ

ア材1とクラッド材2の接触界面に入射されると、圧着部材6を設けていない個所では散乱が小さいが、圧着部材6を設けている個所にはコア材1とクラッド材2の接触界面に凹凸が形成されているので、この凹凸によって光が大きく散乱され、散乱された光の一部がクラッド材2及び圧着部材6及び被覆材3を通して光ファイバの外周から射出されることによって、光ファイバの側面を発光させることができる。コア材1とクラッド材2の接触界面の凹凸は圧着部材6を設けた個所に形成されており、側面発光は主としてこの個所から行なわれるので、大きな発光量で側面発光させることができるものである。

【0039】尚、図8の実施の形態では、被覆材3として図1の実施形態と同様な熱収縮チューブ3aを用いるようにしたが、図2の実施形態のようなテープ3bを用いるようにしてもよい。また図8の実施の形態では、被覆材3を内側の透明な軟質樹脂チューブ7と外側の熱収縮チューブ3aの二重に形成し、圧着部材6を樹脂チューブ7と熱収縮チューブ3aの間に挿入するようにしてある。また、圧着部材6としては、シート状のポリエチレンやガラス棒など任意のものをを用いることができるものであり、形状、材質、表面状態などは特に制限されるものではない。圧着部材6の形状は側面発光させたい形状に応じて任意に定まるものである。

【0040】さらに、圧着部材6は上記のように透明のものである他に、内面側が光を反射する反射面に形成されたものでもよい。このような内面が反射面に形成された圧着部材6を用いると、圧着部材6を設けた個所においてコア材1とクラッド材2の接触界面形成される凹凸で散乱された光のうちクラッド材2を透過する光は圧着部材6の反射面で反射され、圧着部材6の設けられていない個所においてクラッド材2及び被覆材3を通して光ファイバの外周から射出されることによって、光ファイバの側面を発光させることができる。

【0041】図9は本発明の請求項7に係る側面発光光ファイバの実施形態の一例を示すものであり、このものでは圧着部材6をスリーブ状(リング状)に形成し、この圧着部材6をシリカエアロゲルからなるクラッド材2の外側に長手方向の複数箇所に離間して配置した状態で、熱収縮チューブ3aで形成される被覆材3を加熱収縮させることによって、シリカエアロゲルからなるクラッド材2をコア材1の外周に固定して保持させるようにしてある。そしてこのように熱収縮チューブ3aで形成される被覆材3を収縮させると、クラッド材2のうち圧着部材6を被覆した個所は圧着部材6の厚みによって大きな圧力でコア材1の表面に押し付けられ、この個所においてコア材1とクラッド材2の接触界面に凹凸が形成されるが、その他の個所では圧力が大きく作用しないので、コア材1とクラッド材2の接触界面に凹凸が形成されないか、形成されても光をあまり散乱させない程度の

## 11

小さな凹凸になる。その他の構成は図8のものと同じである。このように圧着部材6を長手方向の複数箇所に設けることによって、コア材1とクラッド材2の接触界面の凹凸を長手方向の複数箇所に離間して形成した側面発光光ファイバにあって、コア材1中を伝送される光がコア材1とクラッド材2の接触界面に入射されると、圧着部材6を設けていない個所では散乱が小さいが、圧着部材6を設けている個所にはコア材1とクラッド材2の接触界面に凹凸が形成されているので、この凹凸によって光が大きく散乱され、散乱された光の一部がクラッド材2及び圧着部材6及び被覆材3を通して光ファイバの外周から射出されることによって、光ファイバの側面を発光させることができる。コア材1とクラッド材2の接触界面の凹凸は圧着部材6を設けた個所に形成されており、側面発光は主としてこの個所から行なわれるので、光ファイバの長手方向(軸方向)の所定の個所において大きな発光量で側面発光をさせることができるものである。

## 【0042】

【実施例】以下本発明を実施例によって具体的に説明する。

【0043】(実施例1) テトラメトキシシランのオリゴマー(コルコート社製「メチルシリケート51」: 平均分子量=約470)、水、エタノール、25%アンモニア水を1:120:20:2.16のモル比で混合してゾル溶液を調製し、これを室温放置してゲル化させることによって湿潤ゲル状化合物を得た。次にこのゲル状化合物を粒径150~500 $\mu$ mになるように粉砕した後、ヘキサメチルジシラザンの0.6mol/リットル濃度のエタノール溶液中で、60℃で3時間程度加熱攪拌することによって、疎水化処理を行った。次いでこの疎水化処理したゲル状化合物を、20℃、7.0気圧の二酸化炭素中に入れ、ゲル状化合物内のエタノールを二酸化炭素に置換する操作を2時間程度行い、この後、系内を二酸化炭素の超臨界条件である、80℃、16.0気圧にして、超臨界乾燥を約1時間行うことによって、屈折率が1.008の粒状の疎水性シリカエアロゲルを得た。

【0044】一方、コア材として断面円形の直径13mm、長さ2mのエラストマー系アクリル材(屈折率1.49)を用い、直径15mm、長さ2m、肉厚0.5mmの円筒状の透明フッ素系熱収縮チューブにコア材を挿入し、コア材と熱収縮チューブとの間にシリカエアロゲル粒子を充填した後、ヒータリングガンで80℃に加熱して熱収縮チューブを収縮させることによって、図1のような側面発光光ファイバを作製した。

【0045】(実施例2) 熱収縮チューブとして直径15mm、長さ2m、肉厚0.5mmの円筒状の透明エチレン酢酸ビニル共重合体(EVA樹脂)を用いるようにした他は、実施例1と同様にして図1のような側面発

## 12

光光ファイバを作製した。

【0046】(実施例3) 幅30mm、厚み100 $\mu$ mの透明ウレタン樹脂からなるテープの片面にウレタン系ホットメルト樹脂(日本マタイ株式会社製「エルファンUH-203」、厚み50 $\mu$ m)がラミネートされた2層構造の接着フィルムを用い、この接着フィルムのホットメルト樹脂をラミネートした面に、実施例1で得たシリカエアロゲル粒子を100 $\mu$ mの厚みで散布し、これを120℃、10kg/cm<sup>2</sup>の条件で熱プレスすることによって、テープの片面にシリカエアロゲルを固着した。そして実施例1と同じコア材の外周にシリカエアロゲルが接するようにテープを螺旋状に巻き付けることによって、図2のような側面発光光ファイバを作製した。

【0047】(実施例4) 実施例3で得た側面発光光ファイバの外周に、幅20mm、長さ2mに切断した光反射シート(東レ株式会社製「ルミラーEGOL」)を、側面発光光ファイバの長手方向と平行に透明ビニール粘着テープで貼ることによって、照射指向特性を有する図5のような側面発光光ファイバを作製した。

【0048】(実施例5) ケイ酸ナトリウム水溶液(日本化学工業(株)製「ケイ酸ソーダJ3号」)を水と重量比で1:3に混合した後、イオン交換樹脂(オルガノ(株)製「IR-120B」)を通してシリカゾルを調製し、これを室温放置してゲル化させることによって湿潤ゲル状化合物を得た。次にこのゲル状化合物を粒径150 $\mu$ m未満になるように粉砕した後、これをジメチルジメトキシシランの1.2mol/リットルの濃度のイソプロパノール溶液中で、40℃で6時間加熱攪拌することによって、疎水化処理を行った。次いでこの疎水化処理したゲル状化合物を、20℃、7.0気圧の二酸化炭素中に入れ、ゲル状化合物内のエタノールを二酸化炭素に置換する操作を2時間行ない、この後、系内を二酸化炭素の超臨界条件である、40℃、8.0気圧に加熱加圧して、超臨界乾燥を2時間行なうことによって、屈折率が1.03の粒状の疎水性シリカエアロゲルを得た。このシリカエアロゲル粒子を用い、後は実施例1と同様にして図1のような側面発光光ファイバを作製した。

【0049】(実施例6) 直径15mm、長さ2m、肉厚0.5mmの円筒状の透明軟質ポリエチレン樹脂チューブに実施例1と同様なコア材を挿入し、コア材と透明樹脂チューブとの間に実施例1で得たシリカエアロゲル粒子を充填した。次に、幅5.0mm、厚さ2.0mmの透明ポリエチレンシートを圧着部材として用い、軟質樹脂チューブの外周面に長手方向と平行に全長に亘って粘着テープで圧着部材を貼り付けた。さらにこれを直径18mm、長さ2m、肉厚0.5mmの円筒状の透明フッ素系熱収縮チューブに挿入した後、ヒータリングガンで80℃に加熱して熱収縮チューブを収縮させることによって、図8のような側面発光光ファイバを作製した。

【0050】(実施例7) 直径15mm、長さ2m、肉



厚0.5mmの円筒状の透明軟質ポリエチレン樹脂チューブに実施例1と同様なコア材を挿入し、コア材と透明樹脂チューブとの間に実施例1で得たシリカエアロゲル粒子を充填した。次に、幅200mmに切断した肉厚2.0mmの透明軟質ポリエチレンチューブを圧着部材として用い、透明樹脂チューブの外周に、コア材の一端から20cmの箇所を起点にして30cm置きに6本装着した。さらにこれを直径20mm、長さ2m、肉厚0.5mmの円筒状の透明フッ素系熱収縮チューブに挿入した後、ヒータリングガンで80℃に加熱して熱収縮チューブを収縮させることによって、図9のような側面発光光ファイバを作製した。

【0051】(比較例) コア材として実施例1と同じ直径13mm、長さ2mのエラストマー系アクリル材(屈\*

\* 折率1.49)を用い、その周囲に透明フッ素樹脂(屈折率1.4、厚み0.5mm)をクラッド材として形成した光ファイバを作製した。

【0052】上記の実施例1〜7及び比較例で得た側面発光光ファイバを床面から20cmの高さに水平に配置し、メタルハライド照明装置(株式会社住田ガラス製「LS-M160」)を光源としてその一端から光を入射させ、この光源の位置から30cm置きに床面に設置した照度計によって照度を測定した。尚、実施例4のものは光反射シートを貼った部分が上方を向くように配置し、実施例6のものでは圧着部材を設けた部分が下方を向くように配置した。測定結果を表1に示す。

【0053】

【表1】

(ルクス)

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	比較例
30cm	440	400	390	580	380	570	530	300
60cm	430	420	380	540	390	600	520	80
90cm	430	400	360	560	400	590	520	60
120cm	400	400	340	550	380	590	560	50
150cm	420	410	420	570	380	560	510	40
180cm	400	390	380	570	420	570	500	30

表1にみられるように、各実施例のものは側面発光の照度が高く、また光の入射端から遠ざかっても側面発光の照度が低下しないことが確認される。

【0054】(実施例8) 直径15mm、長さ4m、肉厚0.5mmの円筒状のフッ素系熱収縮チューブを用い、一端の直径13.5mm、他端の直径15mmで直径が連続的に変化するテーパの付いた長さ4mの金属棒を熱収縮チューブに挿入し、ヒータリングガンで熱収縮チューブを80℃に加熱して収縮させることによって、一端の内径が13.5mm、他端の内径が15mmで内径が連続的に変化するテーパの付いた形状に熱収縮チューブを成形した。次に、コア材として断面円形の直径13mm(全長に亘って同一径)、長さ4mのエラストマー系アクリル材(屈折率1.49)を用い、上記の熱収縮チューブにコア材を挿入し、コア材と熱収縮チューブとの間に実施例1で得たシリカエアロゲル粒子を充填した後、再びヒータリングガンで80℃に加熱して熱収縮チューブを収縮させることによって、図6のような側面発光光ファイバを作製した。

【0055】(参考例) 実施例6と同じ直径15mm、長さ4m、肉厚0.5mmの円筒状のフッ素系熱収縮チューブを用い、この熱収縮チューブに実施例8と同じコア材を挿入し、コア材と熱収縮チューブとの間に実施例1で得たシリカエアロゲル粒子を充填した後、再びヒータリングガンで80℃に加熱して熱収縮チューブを収縮させることによって、実施例8の性能と比較するための図1のような側面発光光ファイバを作製した。上記の実施例8及び参考例で得た側面発光光ファイバを床面から※50

※20cmの高さに水平に配置し、メタルハライド照明装置(株式会社住田ガラス製「LS-M160」)を光源としてその一端から光を入射させ、この光源の位置から50cm置きに床面に設置した照度計によって照度を測定した。測定結果を表2に示す。

【0056】

【表2】

(ルクス)

	実施例8	参考例
50cm	370	430
100cm	380	410
150cm	380	420
200cm	390	370
250cm	360	350
300cm	400	310
350cm	380	290

表2にみられるように、実施例8のものは光の入射端から遠ざかっても側面発光の照度が低下しないことが確認される。

【0057】

【発明の効果】上記のように本発明は、光を伝送するコア材と、コア材の外周に設けられたシリカエアロゲルからなるクラッド材と、クラッド材の外周を覆う透明な被覆材とからなり、コア材とクラッド材の接触界面の少なくとも一部に凹凸を形成するようにしたので、クラッド材を構成するシリカエアロゲルは屈折率が1.0008〜1.18と低く、コア材とクラッド材の屈折率が大きくて受光角が大きい光ファイバを形成することがで



15

き、広い受光角で集光して集光量の大きい光ファイバを形成することができるものであり、コア材中を伝送される光をコア材とクラッド材の接触界面の凹凸で散乱させて側面発光させるにあたって、大きな発光量で側面から光を照射させることができるものである。

【0058】また請求項2の発明は、被覆材として熱収縮チューブを用い、熱収縮チューブの熱収縮によってコア材の外周にクラッド材を一体化させるようにしたので、熱収縮チューブを熱収縮させることによって、シリカエアロゲルからなるクラッド材をコア材の外周に強固に保持することができると共に、コア材の表面にクラッド材を構成するシリカエアロゲルの粉粒体を押圧させて、コア材とクラッド材の接触界面に側面発光のための凹凸を容易に形成することができるものである。

【0059】また請求項3の発明は、被覆材としてシリカエアロゲルが片面に固着されたテープを用い、シリカエアロゲルの固着面でコア材の外周にテープを巻き付けることによって、コア材の外周にクラッド材を一体化させるようにしたので、コア材にテープを巻き付けるといった簡易な工程でシリカエアロゲルからなるクラッド材をコア材の外周に強固に保持することができると共に、コア材の表面にクラッド材を構成するシリカエアロゲルの粉粒体を押圧させて、コア材とクラッド材の接触界面に側面発光のための凹凸を容易に形成することができるものである。

【0060】また請求項4の発明は、コア材とクラッド材の間、クラッド材と被覆材の間、被覆材の外周のいずれかに、コア材の外周の一部を覆うように光反射性を有する光反射層を設けるようにしたので、光反射層を設けた箇所の側面からは発光されず、光反射層を設けていない箇所の側面からのみ発光されるものであり、所定の方向に高い照度で側面発光させることができるものである。

【0061】また請求項5の発明は、コア材とクラッド材の接触界面の少なくとも一部に形成される凹凸が、光の入射端部から遠ざかるにつれて大きさと数の少なくとも一方が増大するようにしたので、コア材中を伝送される光量は入射端部から遠ざかるにつれて減少するが、入射端部から近い箇所の凹凸では光の散乱は小さく、入射端部から遠い箇所の凹凸では光の散乱は大きくなって、入射端部から遠い箇所において光ファイバの外周から出射される光の量は減少しないものであり、光ファイバの軸方向に亘って均一に側面から発光させることができるものである。

【0062】また請求項6の発明は、コア材とクラッド材の接触界面の少なくとも一部に形成される凹凸が、外周方向の少なくとも一部において、軸方向に連続するように設けられるようにしたので、コア材中を伝送される光を側面発光させるにあたって、側面発光はコア材とク

16

ラッド材の接触界面に凹凸を形成した箇所からのみ行なわれるものであり、光ファイバの側面から所定の方向に高い照度で側面発光させることができるものである。

【0063】また請求項7の発明は、コア材とクラッド材の接触界面の少なくとも一部に形成される凹凸が、軸方向の複数箇所に設けられるようにしたので、コア材中を伝送される光を側面発光させるにあたって、側面発光はコア材とクラッド材の接触界面に凹凸を形成した箇所からのみ行なわれるものであり、光ファイバの軸方向の所定の箇所において高い照度で側面発光させることができるものである。

【0064】また請求項8の発明は、シリカエアロゲルとして、ケイ酸エステル含有溶液のゲル状化合物を疎水処理及び超臨界乾燥して得られたものを用いるようにしたので、シリカエアロゲルが吸湿や吸水して、屈折率や光透過性等の性能が劣化することを防止することができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の一例を示すものであり、(a)は正面断面図、(b)は側面断面図である。

【図2】本発明の実施の形態の他例を示すものであり、(a)は正面断面図、(b)はテープの正面断面図である。

【図3】本発明の実施の形態のさらに他例を示すものであり、(a)は正面断面図、(b)は側面断面図である。

【図4】本発明の実施の形態のさらに他例を示すものであり、(a)は正面断面図、(b)は側面断面図である。

【図5】本発明の実施の形態のさらに他例を示すものであり、(a)は正面断面図、(b)は側面断面図である。

【図6】本発明の実施の形態のさらに他例を示す正面断面図である。

【図7】同上の実施の形態における製造の工程を示す正面断面図である。

【図8】本発明の実施の形態のさらに他例を示すものであり、(a)は正面断面図、(b)は側面断面図である。

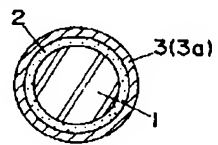
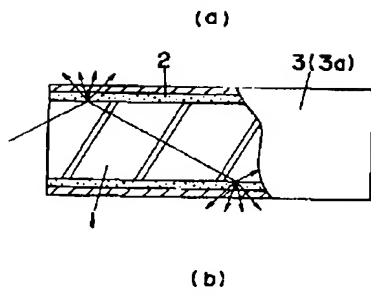
【図9】本発明の実施の形態のさらに他例を示すものであり、(a)は正面断面図、(b)は(a)のA-A線断面図である。

【図10】光ファイバの受光角 $\theta$ を示す断面図である。

【符号の説明】

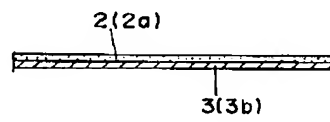
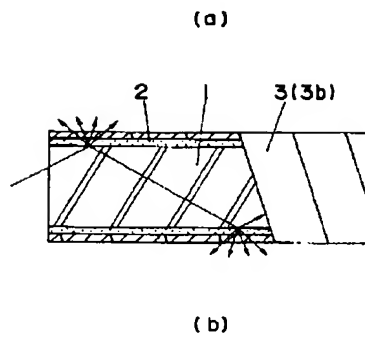
- 1 コア材
- 2 クラッド材
- 3 被覆材
- 4 光反射層

【図1】

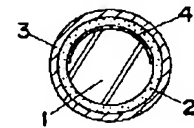
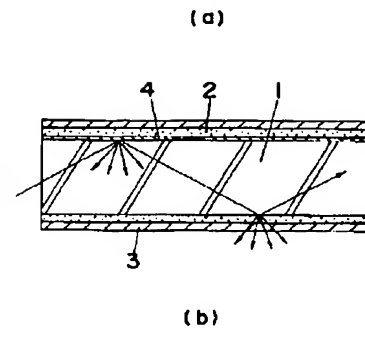


1…コア材  
2…クラッド材  
3…被覆材

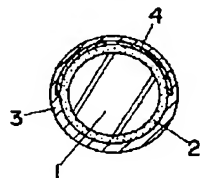
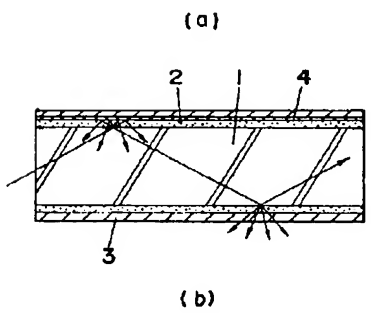
【図2】



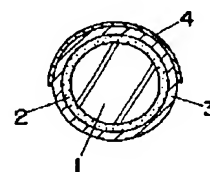
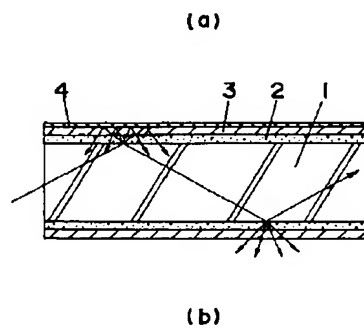
【図3】



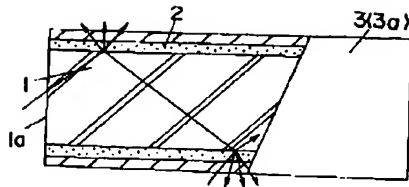
【図4】



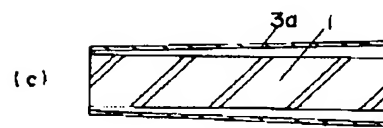
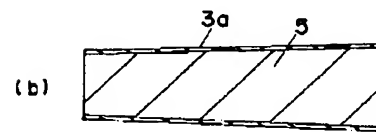
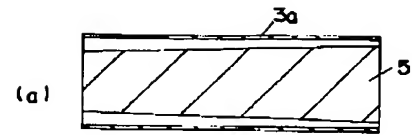
【図5】



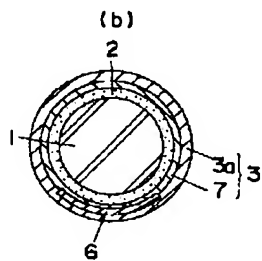
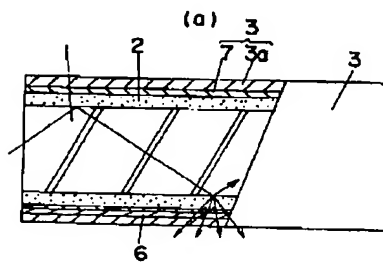
【図6】



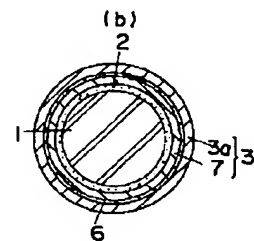
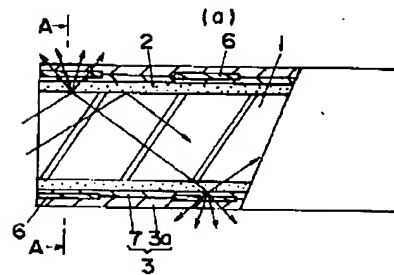
【図7】



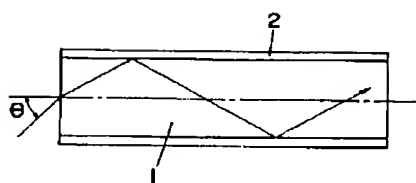
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 横川 弘  
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株  
式会社内  
(72)発明者 椿 健治  
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株  
式会社内

(72)発明者 園田 健二  
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株  
式会社内  
(72)発明者 高坂 啓詞  
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株  
式会社内

**WEST****End of Result Set****Generate Collection****Print**

L3: Entry 5 of 5

File: JPAB

Mar 26, 1999

PUB-NO: JP411084136A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11084136 A  
TITLE: SIDE FACE LIGHT EMITTING OPTICAL FIBER

PUBN-DATE: March 26, 1999

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

YABUNOUCHI, NOBUAKI

YOKOYAMA, MASARU

SEI, MIKIO

YOKOGAWA, HIROSHI

TSUBAKI, KENJI

SONODA, KENJI

KOSAKA, KEIJI

## ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD

APPL-NO: JP10196245

APPL-DATE: July 10, 1998

INT-CL (IPC): G02 B 6/00; G02 B 6/02; G02 B 6/44

## ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a side face light emitting optical fiber which is large in a light condensing quantity and makes it possible to obtain a large emitted light quantity from its side faces.

SOLUTION: The optical fiber is formed of a core material 1 which transmits light, a clad material 2 which is disposed on the outer periphery of this material 1 and consists of a silica aerogel and a transparent coating material 3 which covers the outer periphery of this clad material 2. The side face light emitting optical fiber is formed by providing at least part of the contact boundaries of the core material 1 and the clad material 2 with ruggedness. The silica aerogel constituting the clad material is capable of forming the optical fiber having a refractive index as low as 1.0008 to 1.18, the large specific refractive index of the core material and the clad material and a large light receiving angle. The side face light emission is made possible by scattering the light transmitted in the core material by the ruggedness at the contact boundaries between the core material and the clad material.

COPYRIGHT: (C) 1999, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-137119  
(P2000-137119A)

(43) 公開日 平成12年5月16日 (2000.5.16)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 2 B 6/00	3 2 6	G 0 2 B 6/00	3 2 6 2 H 0 3 8
F 2 1 S 2/00		F 2 1 S 1/00	F D

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平10-308818

(22) 出願日 平成10年10月29日 (1998. 10. 29)

(71) 出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72) 発明者 横川 弘

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72) 発明者 横山 勝

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(74) 代理人 100087767

弁理士 西川 恵清 (外1名)

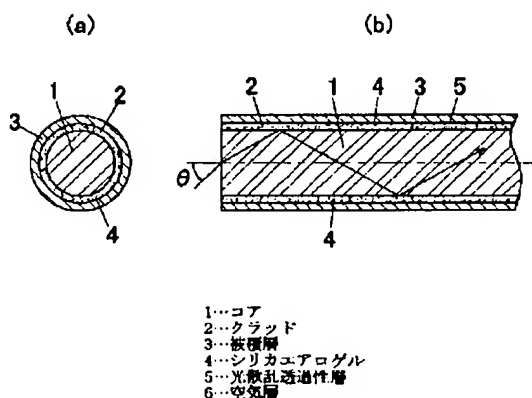
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 側面発光光ファイバ

(57) 【要約】

【課題】 輝度ムラが小さく側面から均一に発光させることができる美観上優れた側面発光光ファイバを提供する。

【解決手段】 光を伝送するコア1と、コア1の外周に設けられたクラッド2と、クラッド2の外周を覆う被覆材3からなる側面発光光ファイバに関する。クラッド2をシリカエアロゲル4によって形成する。また被覆材3に光散乱透過性層5を設ける。クラッド2を構成するシリカエアロゲル4は屈折率が低く、受光角を大きくして光の伝送効率を高く得ることができる。またコア1よりクラッド2へと浸み出した光を被覆材3の光散乱透過性層5によって拡散させて外部へ照射させることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光を伝送するコアと、コアの外周に設けられたクラッドと、クラッドの外周を覆う被覆材からなる側面発光光ファイバにおいて、クラッドをシリカエアロゲルによって形成し、被覆材に光散乱透過性層を設けて成ることを特徴とする側面発光光ファイバ。

【請求項2】 被覆材の光散乱透過性層が白色顔料を含有する白色樹脂で形成されていることを特徴とする請求項1に記載の側面発光光ファイバ。

【請求項3】 被覆材の少なくとも内面が透明のフッ素系樹脂で形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の側面発光光ファイバ。

【請求項4】 クラッドを形成するシリカエアロゲルは粒径10 $\mu$ m以上の粒子あるいは厚み10 $\mu$ m以上の薄片であり、クラッド内のシリカエアロゲルの容積充填率が5%以上であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の側面発光光ファイバ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、クラッドとしてシリカの多孔質骨格からなるシリカエアロゲルを用いて形成される光ファイバを応用した側面発光光ファイバに関するものであり、詳しくは、太陽光の伝送、自動車部品等の照明、洗面化粧台、キッチン、浴室など水回りでの照明、廊下、階段での手すり照明など、バリアフリー空間向けの照明、また美術館や博物館向けの熱線や紫外線カット照明におけるライトガイドなどに適用することができる側面発光光ファイバに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、一般的な光ファイバのコアとしては、石英系ガラスや多成分系ガラス等のガラス類、メチルメタクリレート等のアクリル系やスチロール系のプラスチック類、あるいはテトラクロールエチレン等の透明な液体類が用いられている。また、クラッドとしては、コアよりも屈折率の低いドープドガラス、ポリシロキサンやシリコンゴム等のケイ素樹脂、フッ化エチレンプロピレン、フッ化ビニリデン等のフッ素含有樹脂などが用いられている。

【0003】ここで、クラッドの屈折率はコアの屈折率よりも低くなるように構成されているが、両者の屈折率の差の大小によってコアとクラッドの境界面における光の全反射角が規定され、光ファイバの開口数や受光角が決まる。例えば、ガラス系光ファイバにおいて、コアにフリント系のF2ガラス（屈折率1.62）、クラッドにソーダライム系ガラス（屈折率1.52）を用いた場合、開口数は0.56、受光角 $\theta$ は34°となる。また、プラスチック光ファイバにおいても、コアにメタクリル樹脂（屈折率1.49）、クラッドにフッ素樹脂（屈折率1.39）を用いた場合には、開口数は0.54、受光角 $\theta$ は32°となる。このように、従来のコア

及びクラッドを用いて光ファイバを製造した場合には、受光角 $\theta$ は30°～50°程度であり、多くの光を集光して伝送することのできる光ファイバを製造することは困難である。

【0004】また、光ファイバにおいて、光伝送はコアとクラッドとの界面での光の全反射により行なわれるが、この界面での全反射効率100%とはいかず、わずかながら光ファイバの側面から光が漏れ、側面が半透明に鈍く発光する。この現象を利用して、側面発光性を持たせた側面発光光ファイバが提供されている。しかし従来から提供されている側面発光光ファイバでは側面からの発光量が少ないという問題があった。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】そこで本発明者らは、特願平10-196245号において、クラッドを屈折率の小さいシリカエアロゲルで形成することによって、受光角を大きくして伝送光量を多くし、またコアとクラッドの接触界面に積極的に凹凸を設けることによって、側面発光量を大きくした側面発光光ファイバを提供した。

【0006】しかしこのものでは側面発光量を大きくすることはできるものの、装飾やサイン等のように側面発光光ファイバそのものの美観が要求される用途で使用するには、側面発光部分での発光強弱による輝度ムラが小さい側面発光光ファイバが望まれるものであった。

【0007】本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、輝度ムラが小さく側面から均一に発光させることができる美観上優れた側面発光光ファイバを提供することを目的とするものである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明に係る側面発光光ファイバは、光を伝送するコア1と、コア1の外周に設けられたクラッド2と、クラッド2の外周を覆う被覆材3からなる側面発光光ファイバにおいて、クラッド2をシリカエアロゲル4によって形成し、被覆材3に光散乱透過性層5を設けて成ることを特徴とするものである。

【0009】また請求項2の発明は、被覆材3の光散乱透過性層5が白色顔料を含有した白色樹脂で形成されていることを特徴とするものである。

【0010】また請求項3の発明は、被覆材3の少なくとも内面が透明のフッ素系樹脂で形成されていることを特徴とするものである。

【0011】また請求項4の発明は、クラッド2を形成するシリカエアロゲル4は粒径10 $\mu$ m以上の粒子あるいは厚み10 $\mu$ m以上の薄片であり、クラッド2内のシリカエアロゲル4の容積充填率が5%以上であることを特徴とするものである。

## 【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を説明する。



【0013】本発明に係る側面発光光ファイバは、図1や図2に示すように、コア1と、クラッド2と、被覆材3とにより構成してある。

【0014】ここで、コアとしては、例えば石英系多成分ガラス等のガラス類、ポリメチルメタクリレート（PMMA）等のアクリル系もしくはスチロール系のプラスチック類などを挙げることができる。

【0015】またクラッドは、シリカエアロゲルあるいはシリカエアロゲルと空気層からなるものである。シリカエアロゲルは、アルコキシシランやケイ酸ナトリウムなどケイ酸エステル含有溶液のゲル状化合物を疎水化処理及び超臨界乾燥して得ることができる。すなわち、米国特許第4402827号公報、同第4432956号公報、同第4610863号公報等で提供されているように、アルコキシシラン（シリコンアルコキシド、アルキルシリケートとも称される）の加水分解、重合反応によって得られたシリカ骨格からなる湿潤状態のゲル状化合物を、アルコールあるいは二酸化炭素等の溶媒（分散媒）の存在下で、この溶媒の超臨界点以上の超臨界状態で乾燥することによって製造することができる。また、米国特許第5137297号公報、同第5124364号公報で提供されているように、ケイ酸ナトリウムを原料として同様に製造することができる。そして、特開平5-279011号公報、特開平7-138375号公報に開示されているように、アルコキシシランの加水分解、重合反応によって得られた上記のゲル状化合物を疎水化処理することによって、シリカエアロゲルに疎水性を付与したものをを用いるのが好ましい。

【0016】さらに被覆材3としては、樹脂製のチューブで形成したものをを用いることができるものであり、単層の樹脂製チューブで図1のように形成する他に、複数層構造の樹脂製チューブで図2のように形成することもできる。

【0017】上記のような本発明に係る側面発光光ファイバは、樹脂製チューブで形成される被覆材3の内周にコア1を差し込み、コア1の外周と被覆材3の内周との間の隙間にシリカエアロゲル4を充填し、シリカエアロゲル4のみで図1のようにクラッド2を形成するか、あるいは図2のようにシリカエアロゲル4及びシリカエアロゲル4間に存在する空気層6とでクラッド2を形成することによって、作製することができるものである。

【0018】そして本発明では、被覆材3には光散乱透過性を有する層5が設けてある。図1のように被覆材3が単層の樹脂製チューブで形成されている場合には、被覆材3の全体が光散乱透過性層5として形成されるものである。また図2のように被覆材3が複数層構造の樹脂製チューブで形成されている場合には、複数の各層3a、3bのうち少なくとも一層が光散乱透過性層5として形成されるものであり、他は透明層として形成されるものである。

【0019】この光散乱透過性層5は、白色顔料を含有する白色樹脂製チューブで形成するのが好ましい。具体的には、 $TiO_2$ や $SiO_2$ に代表される白色微粒子系散乱剤を顔料として含有する、フルオロエチレンプロピレンに代表されるフッ素系樹脂や、シリコン系樹脂、ポリエチレン、架橋ポリエチレン、ポリ塩化ビニル、ポリオレフィンエラストマーなどの樹脂で形成した白色樹脂製チューブを用いることができる。

【0020】そして上記のように被覆材3に光散乱透過性層5を設けた側面発光光ファイバにあって、コア1を伝送される光がコア1とクラッド2の界面で反射する際に、その一部の光がコア1よりクラッド2へと浸み出して散乱したり、またコア1とクラッド2の界面の凹凸で散乱反射したりすることによって、被覆材3を透して光の一部が側面発光光ファイバの側面から照射されて発光するが、クラッド2から被覆材3に入射された光は被覆材3の光散乱透過性層5によってさらに拡散されて外部へ照射されることになり、側面発光光ファイバの全長に亘って輝度ムラなく均一に側面発光させることができるものである。

【0021】ここで、上記のような側面発光光ファイバにあって、施工時や施工後の無理な取り扱いや、衝撃等の作用で、コア1と被覆材3が直接接した場合は、被覆材3の内面が光散乱透過性層5として形成されていると、コア1から浸み出した光は光散乱透過性層5で強く散乱されてこの部分で局所的に側面発光量が多くなり、発光ムラを起し、また光の伝送効率も極端に低下するおそれがある。

【0022】そこで請求項3の発明では、被覆材3の少なくとも内面を透明樹脂で形成するようにしてあり、コア1と被覆材3が直接接触しても、コア1に光散乱透過性層5は接触しないようにして、発光ムラが起らないようにしてある。被覆材3の少なくとも内面を透明にする樹脂としては、透明性樹脂であれば特に限定されないが、なかでもフッ素系樹脂が最も好ましい。被覆材3がコア1と接触した際に、接触部分での漏光を最小限に留めるには、被覆材3が透明であることに加え、被覆材3の屈折率がより小さく、かつ被覆材3の内面の平滑性がより優れるほうが好ましいが、フッ素系樹脂は透明樹脂のなかでは最も屈折率が小さく、かつ平滑加工性に優れるので、最も好ましいのである。例えば、被覆材3を図1のように単層の樹脂製チューブで形成する場合には、被覆材3をフッ素系樹脂チューブで形成すると共に、透明なフッ素系樹脂チューブ内に含有させる白色顔料の濃度が外周側から内周側へと順次低くなるように傾斜を付け、フッ素系樹脂チューブの内面では顔料の濃度が零になるようにして、被覆材3の内面を透明樹脂で形成することができるものである。また図2のように被覆材3が複数層構造の樹脂製チューブで形成する場合には、複数層の樹脂製チューブの最内層3aを透明なフッ素系樹脂

で形成し、外層3bを白色顔料が含有された光散乱透過性層5として形成するものである。

【0023】また、図2のようにシリカエアロゲル4及びシリカエアロゲル4間に存在する空気層6とでクラッド2を形成する場合、請求項4の発明のように、クラッド2を形成するためにコア1と被覆材3の間に充填されるシリカエアロゲル4として、粒径10 $\mu$ m以上の粒子状あるいは厚み10 $\mu$ m以上の薄片状のものをを用いるようにし、さらにコア1と被覆材3の間の容積に対するシリカエアロゲル4の容積充填率が5%になるようにしてクラッド2を形成するのが好ましい。このようにシリカエアロゲル4として粒径10 $\mu$ m以上の粒子状あるいは厚み10 $\mu$ m以上の薄片を用いることによって、コア1と被覆材3の間の距離を最低10 $\mu$ m確保することができる。この距離はコア1から浸み出した光が被覆材3にまで到達しないための十分な距離であり、コア1から浸み出した光が被覆材3の光散乱透過性層5で散乱されて局所的に側面発光量が多くなって発光ムラを起こすことがなくなるものである。またクラッド2内のシリカエアロゲル4の容積充填率を5%以上にするによって、側面発光ファイバが屈曲されてもコア1に被覆材3が直接触れることを防ぐことができるものである。シリカエアロゲル4の粒径や厚みの上限は特に設定されないが、現実的には4mm程度が上限である。またシリカエアロゲル4の容積充填率の上限も特に設定されないが、粒子状のシリカエアロゲル4を用いる場合には80%が実用的範囲の上限であり、また薄片状のシリカエアロゲル4を用いる場合には、上下は100%である。

【0024】

【実施例】次に、本発明を実施例によって具体的に説明する。

【0025】（実施例1）松下電工（製）シリカエアロゲル「SP-15」（屈折率1.015、密度0.05g/cc）を粉砕することによって、粒径が10 $\mu$ mオーバー（平均粒径40 $\mu$ m）の粒状のシリカエアロゲル4を得た。

【0026】一方、被覆材3として、内径14mm、外径15mmの透明フッ化エチレンポリブレンからなる内層3aと、内径15mm、外径16mmの白色ポリ塩化ビニル（顔料TiO<sub>2</sub>20重量%含有）からなる外層3bの二層構造の樹脂製チューブを用いた。

【0027】そしてこの樹脂製チューブの被覆材3内に、直径13mm、長さ2mのエラストマー系アクリル材（屈折率1.49）で形成されるコア1を差し込み、コア1と被覆材3との間隙に上記のシリカエアロゲル4の粒子を容積充填率が5%になるように充填することによって、長さ2mの側面発光ファイバを得た。

【0028】（実施例2）被覆材3として、内径14mm、外径16mmの白色フッ化エチレンポリブレン（顔料TiO<sub>2</sub>20重量%含有）からなる単層構造の樹脂製

チューブを用いた。この樹脂製チューブの被覆材3内に、実施例1と同じコア1を差し込み、コア1と被覆材3との間隙に実施例1と同じシリカエアロゲル4の粒子を容積充填率が30%になるように充填することによって、長さ2mの側面発光ファイバを得た。

【0029】（実施例3）シリカエアロゲル4の粒子の容積充填率が2%になるようにした他は、実施例1と同様に、長さ2mの側面発光ファイバを得た。

【0030】（実施例4）シリカエアロゲル4の粒子の容積充填率が2%になるようにした他は、実施例2と同様に、長さ2mの側面発光ファイバを得た。

【0031】（比較例1）被覆材3として、内径14mm、外径16mmの透明フッ化エチレンポリブレンからなる単層構造の樹脂製チューブを用いた。この樹脂製チューブの被覆材3内に、実施例1と同じコア1を差し込み、コア1と被覆材3との間隙に実施例1と同じシリカエアロゲル4の粒子を容積充填率が5%になるように充填することによって、長さ2mの側面発光ファイバを得た。

【0032】上記の実施例1、実施例4、比較例1で得た側面発光ファイバを直線状に延ばして配置し、メタルハライド照明装置（（株）住田光学ガラス製「LS-M160」）を用いて側面発光ファイバの一端面から光を入射させ、側面発光ファイバの側面の輝度を輝度計（（株）ミノルタ製「LS-110」）で測定した。

【0033】結果は、比較例1のものは最大8060cd/m<sup>2</sup>、最小4800cd/m<sup>2</sup>であり、輝度のばらつきが大きかったが、実施例1のものは最大1850cd/m<sup>2</sup>、最小1750cd/m<sup>2</sup>、実施例2のものでは最大1720cd/m<sup>2</sup>、最小1600cd/m<sup>2</sup>であり、輝度のばらつきは小さく、輝度ムラが殆どないものであった。

【0034】また、実施例1、2、3、4で得た側面発光ファイバを半径16cmで円形に曲げて配置し、後は上記と同様に側面発光ファイバの側面の輝度を測定した。結果は、実施例1のものは最大1850cd/m<sup>2</sup>、最小1750cd/m<sup>2</sup>、実施例2のものは最大1820cd/m<sup>2</sup>、最小1760cd/m<sup>2</sup>、実施例3のものは最大1670cd/m<sup>2</sup>、最小1600cd/m<sup>2</sup>と輝度のばらつきが小さいのに対して、実施例4のものは最大4010cd/m<sup>2</sup>、最小1600cd/m<sup>2</sup>と輝度のばらつきがやや大きくなり、側面発光ファイバを曲げて使用する場合に、クラッドのシリカエアロゲルの容積充填率が小さいと、輝度にばらつきが発生し易いことが確認される。

【0035】

【発明の効果】上記のように本発明は、光を伝送するコアと、コアの外周に設けられたクラッドと、クラッドの外周を覆う被覆材からなる側面発光ファイバにおいて、クラッドをシリカエアロゲルによって形成し、被覆

材に光散乱透過性層を設けるようにしたので、クラッドを構成するシリカエアロゲルは屈折率が一般に1.0008~1.18と低く、受光角を大きくして光の伝送効率を高く得ることができるものであり、またコアよりクラッドへと浸み出した光が被覆材の光散乱透過性層によって拡散させて外部へ照射させることができ、側面発光光ファイバの全長に亘って輝度ムラなく均一に側面発光させることができるものである。

【0036】また請求項2の発明は、被覆材の光散乱透過性層を白色顔料を含有する白色樹脂で形成するようにしたので、コアよりクラッドへと浸み出した光が光散乱透過性層で吸収されることなく拡散させて外部へ照射させることができるものであり、側面の発光光量を高く得ることができるものである。

【0037】また請求項3の発明は、被覆材の少なくとも内面が透明のフッ素系樹脂で形成されているので、コアと被覆材が直接接触しても、コアには被覆材の透明層が接触して光散乱透過性層が接触することを防ぐことができるものであり、側面からの発光ムラが起こることを防止することができるものである。

【0038】また請求項4の発明は、クラッドを形成するシリカエアロゲルとして粒径10 $\mu$ m以上の粒子ある

いは厚み10 $\mu$ m以上の薄片を用いると共に、クラッド内のシリカエアロゲルの容積充填率を5%以上に設定したので、コアから浸み出した光が被覆材にまで到達しないための十分な10 $\mu$ m以上の距離をコアと被覆材の間に確保することができると共に、シリカエアロゲルの容積充填率を5%以上にすることによって側面発光光ファイバが屈曲されてもコアに被覆材が直接接触することを防ぐことができ、側面からの発光ムラを防止することができるものである。

# 【図面の簡単な説明】

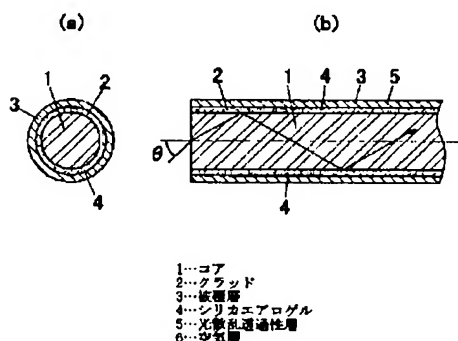
【図1】本発明の実施の形態の一例を示すものであり、(a)は側面断面図、(b)は正面断面図である。

【図2】本発明の実施の形態の他の一例を示すものであり、(a)は側面断面図、(b)は正面断面図である。

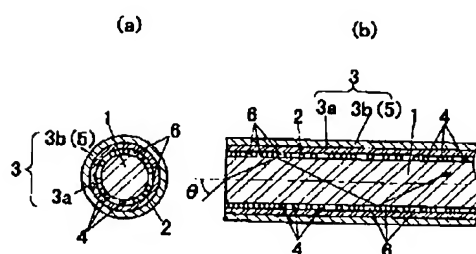
# 【符号の説明】

- 1 コア
- 2 クラッド
- 3 被覆層
- 4 シリカエアロゲル
- 5 光散乱透過性層
- 6 空気層

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 清 三喜男

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72)発明者 椿 健治

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72)発明者 藪ノ内 伸晃

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72)発明者 園田 健二

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

Fターム(参考) 2H038 AA41 AA54 AA57 BA42

WEST

## End of Result Set

☐ Generate Collection☐ Print

L1: Entry 1 of 1

File: JPAB

May 16, 2000

PUB-NO: JP02000137119A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000137119 A  
TITLE: SIDE FACE LIGHT EMISSION OPTICAL FIBER

PUBN-DATE: May 16, 2000

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

YOKOGAWA, HIROSHI

YOKOYAMA, MASARU

SEI, MIKIO

TSUBAKI, KENJI

YABUNOUCHI, NOBUAKI

SONODA, KENJI

## ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD

APPL-NO: JP10308818

APPL-DATE: October 29, 1998

INT-CL (IPC): G02 B 6/00; F21 S 2/00

## ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a side face light emission optical fiber which is small in luminance unevenness, capable of emitting light uniformly from its side face and excellent in appearance.

SOLUTION: This side face light emission optical fiber consists of a core 1 for transmitting light, a clad 2 disposed on the outer periphery of the core 1 and a covering material 3 covering the outside surface of the clad 2. The clad 2 is formed by a silica aerogel 4. The covering material 3 is provided with a light scattering transmissible layer 5. The silica aerogel 4 constituted the clad 2 has a low refractive index and increases a photodetecting angle to make it possible to highly obtain transmission efficiency of light. The light oozing from the core 1 to the clad 2 can be diffused and projected outside by the scattering transmissible layer 5 of the covering material 3.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO